FORMACIÓN CONTINUADA

Exploración del estado del sistema del tímpano y los huesecillos: Timpanometría. Aplicación a la patología subacuática

F. Díaz Caparrós

Servicio de Otorrinolaringología. Hospital Santa María del Rosell. INSALUD. Cartagena

RESUMEN
La timpanometría, es una prueba auditiva básica para la valoración de la integridad de la membrana timpánica, cadena osicular y cavidades aéreas de oido medio. Es una exploración imprescindible para prevención de la patología otológica del buceo, ya que con ella se pueden detectar pequeñas perforaciones timpánicas, procesos otológicos inflamatorios de la trompa de Eustaquio y ocupaciones seromucosas del oido medio, patologías que contraindicarían la práctica del buceo.
Palabras clave: Timpanometría, test de despistaje, buceo

EARDRUM AND TIMPANIC OSSICULAR APPARATUS PROBES: TYMPANOMETRY. MANAGEMENT IN DIVING PATHOLOGY

SUMMARY
The Tympanometry is a basic audiological method for the evaluation of the integrity of the timpanic membrane and its ossicular apparatus and the air cavities of the middle ear. It is an indispensable exploration for prevention of the ear pathology in diving, since we can detect small eardrum perforations, inflammatory processes of the Eustachian tube and seromucous occupations of the middle ear, pathologies that avoid the practice of diving..
Key words: Tympanometry, screening test, diving.

INTRODUCCIÓN

La especie humana ha evolucionado, como todos sabemos, en un medio terrestre, donde el aire es elemento de vida. Nuestro organismo, de manera evolutiva, ha ido reduciendo el peso del cráneo para mayor adaptación y lo ha hecho aumentando la neumatización del mismo. Se han desarrollado los senos paranasales (maxilares, etmoidales, frontales y esfenoidales) y se han neumatizado las cavidades de oido medio y mastoides.

La vida bajo condiciones de presión atmosférica diferentes, por ejemplo, submarina, se enfrenta a diferentes problemas y uno de ellos afecta a la compensación de presión de estas cavidades aéreas. Para ello, es fundamental que los ostium de drenaje de dichas cavidades, funcionen correctamente, en especial la trompa de Eustaquio, encargada de la neumatización del oído medio. Si la trompa es funcionante, se podrá igualar la presión del oído medio, mediante maniobra de Valsalva, a la exterior, evitando complicaciones originadas por barotraumas.

Por ello, un buceador debe ser estudiado, a nivel ORL y contar, entre otras pruebas, con una impedanciometria, que nos descarte desde una tubaritis, hasta otitis serosas con ocupación de caja por material líquido, así como pequeñas perforaciones timpánicas, que puedan pasar desapercibidas por otoscopia, patologías que contraindicarían la práctica del buceo.

BIOFÍSICA DEL OIDO MEDIO

Denominamos **impedancia acústica** a la dificultad o resistencia que encuentran las ondas sonoras para su propagación por un medio. En otología impedancia es la resistencia que oponen la membrana timpánica y la cadena de huesecillos al paso de la energía sonora. El sistema del tímpano y los huesecillos tiene una función de «adaptador de impedancia». Esta propiedad «optimiza» la cantidad de energía acústica transmitida a la cóclea desde el medio exterior.

Entendemos por **impedanciometría** el conjunto de pruebas funcionales auditivas, que miden la resistencia que oponen la membrana timpánica y la cadena cuando sobre ellos incide un sonido

. **Compliancia** es lo contrario, la facilidad para permitir el paso de la energía, la tendencia a ceder, a dejarse movilizar que muestran membrana y cadena cuando sobre ellas incide la energía de un sonido.

La impedancia acústica se traduce en la siguiente fórmula:

$$Z=\sqrt{r^2+(M\cdot 2\pi f-\frac{S}{2\pi f})^2}$$

(Z = impedancia; r = roce; M = masa; S = rigidez; f =frecuencia)

Ello explica, pues, que la impedancia:

-Aumente con el roce, que se produce fundamentalmente en la cóclea.

-Aumente con la masa del sistema del tímpano y los huesecillos, en una medida tanto más elevada cuanto mayor es la frecuencia. Cuando la masa aumenta (tímpano espeso, dispositivo del tímpano/huesecillos demasiado pesado ...) la transmisión de los tonos agudos es peor.

- Aumente con la rigidez y ello en una medida mayor cuanto menor es la frecuencia. Cuando se intensifica la rigidez del sistema de huesecillos (por ejemplo, en la otoespongiosis) se reduce la transmisión de los tonos graves a la vez que se optimiza la de los agudos.

TIMPANOMETRÍA

- Principios generales de la exploración

El aparato utilizado en la práctica clínica es un impedanciómetro o puente electroacústico. Pueden utilizarse aparatos de control manual o aparatos automáticos dirigidos por un microprocesador. En cualquier caso, el principio en el que se basan es el mismo, a saber: se mide la distensibilidad del sistema del tímpano y los huesecillos mediante el reflejo en el tímpano de un eco acústico mediante una sonda que obtura el conducto auditivo externo y que incluye tres canales diferentes (fig 1):

El primer canal permite variar la presión aplicada en la cara externa del tímpano, lo cual es posible gracias a una bomba, conectada a un manómetro, que insufla o extrae el aire del conducto auditivo externo; según el aparato de que se trate, la escala puede estar en decapascal (dapa) o en milímetros de agua (1 decapascal =1,02 mm H20).

El segundo canal está conectado a un altavoz que emite un sonido de intensidad conocida a una frecuencia fija, denominado tono de sonda, con un nivel acústico situado entre 55 y 65 dB HL, en el valor máximo, para evitar el riesgo de desencadenar un reflejo estapedial. La frecuencia se sitúa a un nivel habitual de 226 Hertz,

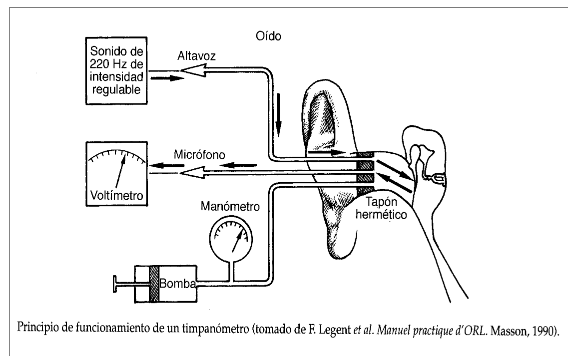


Figura 1. Esquema de funcionamiento de Impedanciometro

explorando tan sólo el factor «rigidez», por ser una frecuencia baja; en el lactante pueden utilizarse tonos de 660 y 1.000 Hertz para la detección del reflejo estapedial.

El tercer canal está conectado a un micrófono y mide el nivel acústico del conducto auditivo externo; a partir de este nivel (que corresponde a la onda acústica residual, reflejada en el tímpano), filtrado en relación al tono de sonda, el aparato calcula la distensibilidad gracias a un voltímetro o medidor de resorte.

El impedancímetro lleva, además, un generador de sonidos que emite estímulos sonoros intensos que permiten desencadenar el reflejo del estribo, contracción involuntaria y bilateral del músculo del estribo ante sonidos de suficiente intensidad.

- Realización práctica de la prueba

La sonda, provista de una oliva, se introduce en el conducto auditivo externo, debiendo estar obturado de una forma estable, confirmandose esta estanqueidad mediante la estabilidad de la aguja del manómetro conectado a la bomba, para una presión positiva de +200 mm de agua. A continuación se reduce progresivamente la presión hasta llegar a -200 o -400 mm de agua; esta reducción se realiza manualmente o mediante una bomba motorizada (impedanciómetro automático). Cuando se producen variaciones de presión, se registran las modificaciones de la amplitud de la distensibilidad, ya sea en el cuadro de control del aparato, ya mediante una impresión en papel. Estas variaciones de la distensibilidad permiten establecer la curva de tímpanometría.

- Estructuras exploradas mediante la timpanometría

Como acabamos de ver, la timpanometría permite valorar las variaciones de la impedancia del oído medio en función de las modificaciones de presión aplicadas en el conducto auditivo externo. Una diferencia mínima de presión entre las caras externa e interna del tímpano comporta una potenciación de la impedancia del sistema, resultando una disminución de la energía acústica

efectivamente transmitida. Así pues, la distensibilidad alcanza un máximo cuando el gradiente de presión entre uno y otro lado del tímpano es nulo, y disminuye cuando este gradiente aumenta.

La evolución de la distensibilidad, según las modificaciones de la presión, refleja de manera simultánea los siguientes factores:

- la facilidad de movimiento de la cadena a través del tímpano;
- el estado funcional propiamente dicho de la cadena de huesecillos;
- el estado de la cavidad del oído medio.

Cuando el tono de sonda es de 220 Hertz, predomina la parte correspondiente a la movilidad timpánica; para tonos más agudos, 660 y 1.000 Hz, pasa a predominar el estado del oído medio en el valor de la distensibilidad.

La curva de una timpanometría se presenta en forma de un gráfico (figura 2), que incluye lo siguiente:

- En el eje de abscisas los valores de presión expresados en mm de agua o decapascal.
- En el eje de ordenadas, las variaciones de la distensibilidad expresadas en unidades relativas (UR) o en mm.

Curva de timpanometria normal

El timpanograma de la figura 2, de unidades relativas, se trata de la curva de tipo A de la clasificación de Jerger, correspondiendo a una timpanometría normal, en base a los siguientes criterios:

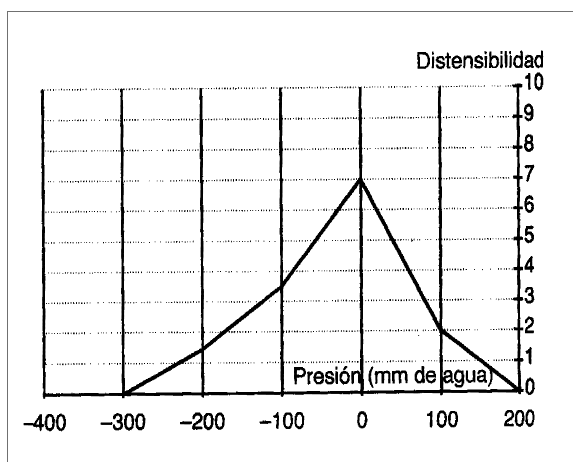


Figura 2. Timpanograma normal

- Una forma global en «techo de pagoda».

- Un pico estrecho, cuyo máximo de presión se centra entre +50 y -100 mm de aguda. En el niño este pico puede situarse entre +50 y -150 mm de agua.

- Una amplitud máxima del pico de entre 4 y 10 unidades relativas (UR).

- La forma es con frecuencia asimétrica. La distensibilidad a -200 mm de agua es algo superior a la observada a +200.

Un timpanograma normal indica que el sistema del tímpano y los huesecillos funciona sin alteración alguna, no teniendo valor como indicador del nivel auditivo del individuo; este tipo de timpanograma se denomina de unidades relativas y la información que aporta es con frecuencia más que suficiente en la práctica clínica habitual.

Existen varios datos que permiten evaluar los parámetros de una curva (ciertos aparatos calculan estos elementos automáticamente) (fig 3). Se trata de:

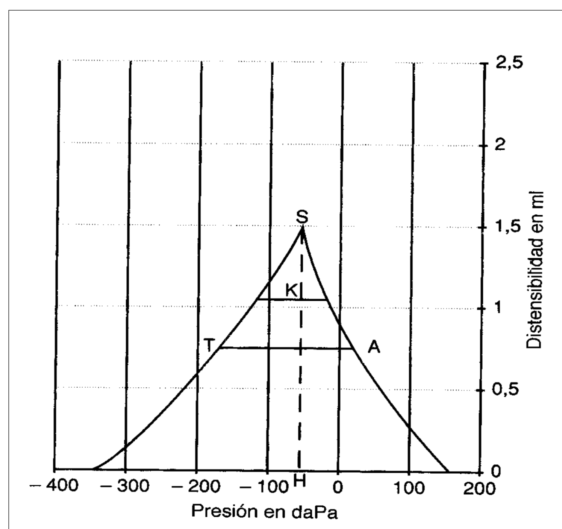


Figura 3. Características de un timpanograma de distensibilidad del sistema del tímpano y los huesecillos

- *La distensibilidad estática*:
Corresponde a la altura del pico en relación con la línea de referencia. En la figura 3, ello responde al valor del segmento SH.

- *La presión del oído medio:*
Está representada por el desnivel del punto H respecto al 0 de referencia de presión. En condiciones normales, es de entre +50 y -100 dapa (o ml de agua) en el adulto. En el niño, los valores normales se sitúan entre +50 y -150 dapa.
- *La amplitud del timpanograma:*
Es la longitud, expresada en dapa, de la línea AT que corta al segmento SH en la parte media del mismo. En el adulto, el valor habitual oscila entre 50 y 150 dapa con una media de 100 dapa. En el niño, la media normal es de 80 dapa.

- *El gradiente:*

Se obtiene dividiendo el valor de SK por el de SH. El punto K se obtiene trazando entre las dos vertientes de la curva una línea de un valor de 100 dapa. Se sitúa normalmente entre 0,4 y 0,6.

-*Examen del volumen físico*:
Si la membrana timpánica está intacta, el volumen estimado a 200 daPa corresponde sólo al conducto auditivo y debe promediar 0.7 cm^3 en niños, hasta 1.1 cm^3 en varones adultos. Si la membrana timpánica está perforada, el volumen estimado será mayor de 2 cm^3 en niños y mayor de 2.5 cm^3 en adultos. (En la figura 3, no se ha tenido en cuenta el volumen del CAE).

Curvas de timpanometría anormales y significado patológico de las mismas

Una diferencia significativa en relación a los criterios definidos anteriormente se traduce en una curva de un aspecto distinto, que puede reflejar una patología local, en las estructuras estudiadas mediante la exploración.

Jerger ha propuesto una clasificación de distintos aspectos de las curvas (fig. 4):
- *Curvas tipo A*, corresponden a la curva normal descrita anteriormente e indica una integridad del tímpano; junto a este tipo puro, se han descrito algunas otras variantes de la curva tipo A.

- *Curvas tipo Ad*, presentan un gradiente de presión muy intenso (las curvas denominadas de «torre Eiffel); estas curvas pueden traducir la presencia simplemente de un tímpano fláccido, y no tener un gran valor patológico, pudiendose observar igualmente en las roturas de la cadena de huesecillos.

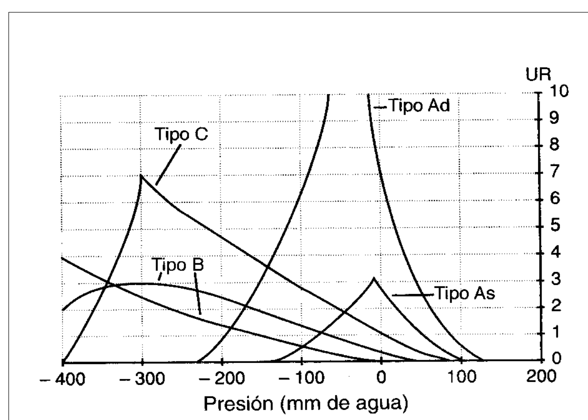


Figura 4. Principales tipos de curvas observados en la timpanometría según Jerger

- *Curvas tipo As*, presentan un pico centrado de muy débil amplitud (inferior a 4 UR), correspondiendo, a menudo, a un tímpano rígido como el que se observa en la timpanosclerosis, estas curvas pueden darse también cuando existe un derrame viscoso en la cavidad del oído medio.
- *Curvas tipo B*, se caracterizan por el hecho de que no poseen pico y su trazado se mantiene en una altura limitada, básicamente con una forma aplanada. A veces el máximo de amplitud es manifiesto, y su elevación se produce de una manera muy progresiva y asintótica. Se observa entonces un aspecto «en cúpula».
Estas curvas pueden corresponder a la presencia de líquido en la cavidad del oído medio, a un tímpano muy abombado o a una impactación de cerumen.

- *Curvas tipo C*, se caracterizan por un pico con un claro desplazamiento hacia las presiones negativas (máximo claramente inferior a -100 mm de agua). La amplitud puede ser normal (entre 4 y 10 UR) o baja (inferior a 4 UR). Estas curvas implican una depresión permanente del oído medio, que traduce un mal funcionamiento de la trompa. No puede descartarse la posibilidad de un derrame líquido (sobre todo si la amplitud está reducida). Este tipo de curva se observa también en una otitis aguda en fase de curación.

- *Otras formas de curva*, son también posibles. Puede tratarse de curvas bífidas, que corresponden a la presencia de zonas de resistencia distinta a la altura del tímpano.

La presencia de oscilaciones en el trazado corresponde a menudo a simples temblores musculares. Cuando estas oscilaciones se localizan exclusivamente en la pendiente de ascenso, ello puede corresponder a la existencia de un elemento vascular en la cavidad del oído medio (por ejemplo, tumor glómico que se ha extendido hasta esta zona y cuyas oscilaciones son entonces sincrónicas con el pulso). Cuando las oscilaciones son sincrónicas con la respiración, pueden corresponder a una abertura de la trompa.

Indicaciones de la timpanometría

Uno de los elementos de mayor interés de la timpanometría es el de facilitar un diagnóstico clínico de la presencia de líquido en la cavidad timpánica. Para ello, el especialista deberá analizar el conjunto de parámetros descriptivos de la curva, siendo esencial precisar los siguientes:

- Presencia o no de un pico de distensibilidad.
- Nivel de desplazamiento del pico hacia las presiones negativas.

En resumen, puede afirmarse que la presencia de líquido será tanto más probable cuanto más plana sea la curva o cuanto más débil sea su amplitud (inferior a 4 UR) o gradiente < 0,3), con un desplazamiento hacia las presiones negativas < -100 mm de agua). No se trata más

que de una probabilidad, y una curva normal y centrada no permite descartar formalmente la presencia de líquido en la cavidad.

Límites de la timpanometría

Aunque esta exploración tiene la ventaja de ser sencilla y rápida de realizar, así como de ser objetiva, sus limitaciones se ponen rápidamente de manifiesto en la aplicación práctica.

- Existen falsas curvas planas por error de manipulación de la sonda, cuando el extremo de ésta se apoya en la pared posterior del conducto auditivo externo. Para controlar estos casos, tiene interés el empleo de los aparatos que miden el volumen de aire comprendido entre la sonda y el conducto auditivo.

- Ciertas patologías del oído medio no tienen una traducción específica en la timpanometría (por ejemplo, la otoespongiosis).

Es necesario recordar, pues, que la ínterpretación de una curva de timpanometría no debe hacerse de manera aislada sín relación con los datos de la otoscopia y del contexto clínico (sobre todo cuando se trata de curvas planas), teniendo en cuenta el riesgo de resultados falsamente negativos y falsamente positivos en esta prueba.

Hemos querido separar, de manera intencionada, el estudio del reflejo estapedial, para dedicarle un tema en exclusividad, aún sabiendo la estrecha relación que guarda, con la realización de la impedanciometria. Tampoco hemos hecho mención a las pruebas tubáricas, pues la mayoría de aparatos de screening no disponen de esta función.

BIBLIOGRAFIA

P Courtat, C Peytral, P Elbaz. *Exploraciones funcionales en ORL*. Tomo I. Barcelona: Ed. Jims S.A. 1997.

J Shanks, C Shelton. *Principios básicos y aplicaciones clínicas de la timpanometría*.(Vol 2) Clínicas otorrinolaringológicas de Norteamérica, 1991;1:295.

M. Portmann, C. Portmann. *Audiometría Clínica*. Barcelona:Toray-Masson. (3ª Edición), 1979.